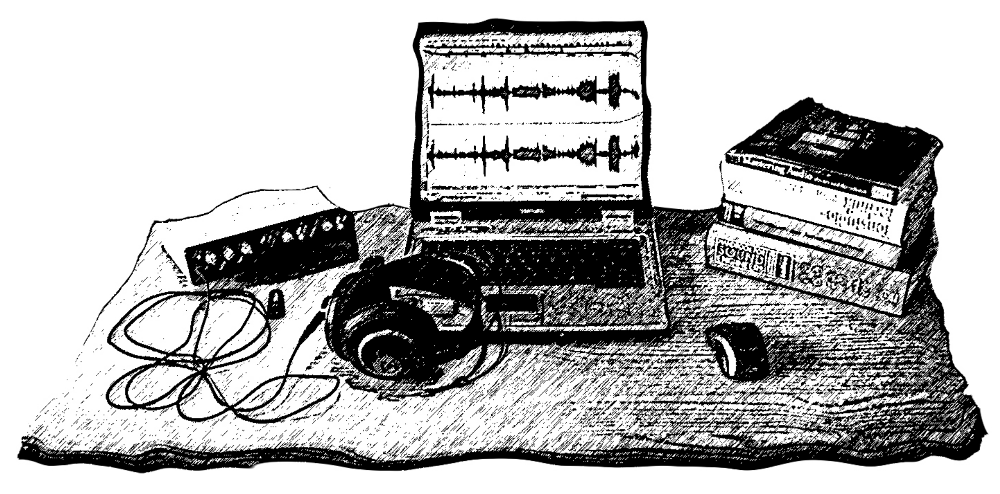
Facharbeit

Kreatives Mastering



[Bild_Titel01]

Von
Steve Wesley Emmert
63106 AEDF 805

Für
SAE Frankfurt
07.04.2006

1 Vorwort

Hiermit erkläre ich, dass ich diese theoretische Facharbeit selbstständig und nur mit Hilfe der angegebenen Quellen erstellt habe. Dies bestätige ich mit meiner Unterschrift.

Steve Wesley Emmert

Diese Facharbeit widme ich jenen Menschen, die ihr Wissen und kreatives Schaffen im World Wide Web zur Verfügung stellen. Dank gebührt auch meiner Familie und meinen Freunden die mir mit ihrer Geduld die Ausbildung zum Audio Engineer ermöglichten. Vielen Dank auch an Petar Juricic der Algorithmix GmbH, für die Verlängerung der Red & Orange Plugin Demolaufzeiten.

Das Thema „Kreatives Mastering" habe ich gewählt, um spezifisch auf einzelne Aspekte des Masterings eingehen zu können. Wie erste Recherchen gezeigt haben, kann der gesamte Aspekt des Masterings nicht mit max. 50 Seiten detailliert behandelt werden.

Um die Audiobeispiele schnell anwählen zu können, befindet sich auf der PC CDROM eine HTML Datei [cdinhalt.html] mit Verweisen auf die .wav Dateien, absteigend nach Vorkommen in der Facharbeit sortiert.

2 Inhaltsverzeichnis

3 Einleitung

In dieser Facharbeit werden die einzelnen Schritte des kreativen Mastering (in einigen Quellen auch als „Premastering“ bezeichnet) erläutert. Dieses umfasst die Dynamik-, Klang- und Störgeräuschbearbeitung (Noisereduction). Einige Aspekte wie Sequencing, Editing & Leveling werden nicht näher erläutert, da dies den Umfang der Facharbeit bei detaillierter Beschreibung bei weitem sprengen würde.

Ich habe versucht in einem möglichst verständlichem Stil zu schreiben, da diese Arbeit im WWW veröffentlicht wird und auch von Personen verstanden werden soll, die sich bisher nicht explizit mit dieser Materie beschäftigt haben.

Da sich das Ausgangsmaterial (der Demosong) schon auf der digitalen Ebene befindet und legale Softwaredemoversionen leichter zu bekommen sind als vergleichbares Outboardequipment, fallen die im richtigen Masteringstudio evtl. für die Bearbeitung anfallenden DA-AD Wandlungen weg. D.h. ich arbeite für die Erstellung der Audiobeispiele ausschließlich mit PC Software.

Beginnend mit der Frage „Was ist Mastering?,“ erläutere ich kurz das Mastering an sich und kläre welche Aspekte das kreative Mastering umfasst.

Anschließend wird die Handhabung von Equalizern anhand deren Parameter erläutert. Weiterhin wird der Unterschied zwischen phasenlinearen und nicht- phasenlinearen Filtern beschrieben und anhand einiger Audiobeispiele demonstriert.

Im Kapitel Dynamikbearbeitung werden die unterschiedlichen Geräte zur Dynamikbearbeitung vorgestellt. Weiterhin wird beschrieben wieso nicht bis zur Aussteuerungsgrenze gepegelt werden sollte.

Die Sektion Stereobasis enthält eine Anleitung zum Selbstbau einer MS-Matrix und Beispiele, was damit bewerkstelligt werden kann.

Anschließend wird im Kapitel Störgeräuschbearbeitung anhand einiger Audiobeispiele beschrieben, wozu diese benötigt wird und wo die Grenzen dieser liegen.

Weiterhin beschreibe ich im Abschnitt Signalfluss, welche Auswirkung die Reihenfolge der Bearbeitungsschritte auf das Gesamtergebnis hat.

An einem Audiobeispiel wird die Kombination der vorgestellten Techniken demonstriert.

4 Was ist Mastering?

“Mastering ist die letzte kreative Stufe bei der Erstellung eines Musikalbums” (Katz 2002)

Zusammengefasst beinhaltet das Mastering technische, wie auch kreative Prozesse, von der Aufstellung der Songreihenfolge bis hin zur letzten technischen Aufbereitung des Songmaterials für die CD-Pressung. Einzelne Schritte hierbei sind Beispielsweise die Digitalisierung analoger Medien, Formatkonvertierung digitaler Medien, Frequenz und Dynamikmanipulation und selbstverständlich auch die Restauration, also das Entfernen von Störgeräuschen wie Knacken, Knistern und Brummen. Weiterhin werden im Mastering auch Fades (Übergänge, Ein bzw. Ausblendungen) und Pausen zwischen den Songs einer CD eingestellt.

Das Mastering darf nicht als die „ultimate Waffe“ zur Erstellung eines Top10 Hits betrachtet werden. Viel mehr kann man es als die „Postproduction“ des Mixdowns betrachten. Dies bedeutet, dass dem Eingriff in die Musik Grenzen gesetzt sind (einzelne Instrumente können nur begrenzt bis gar nicht verändert werden). Allerdings können die hier vornehmbaren Änderungen in Frequenzgang und Dynamik das Songmaterial für das Zielmedium optimieren, sowie den Genuss des Albums durch sinnvolle Pausen und Übergänge fördern.

Die Vorraussetzungen für gute Optimierungsarbeiten sind allerdings sehr hoch. Nicht nur, dass die „Abhören“ (die Räume und das Boxen/Verstärkergespann) das Hören feinster Nuancen (beispielsweise Anhebungen von ½ dB, Räume (in der Musik) und Tiefenstaffelung) wirklich ermöglichen müssen. Auch das technische Equipment muss

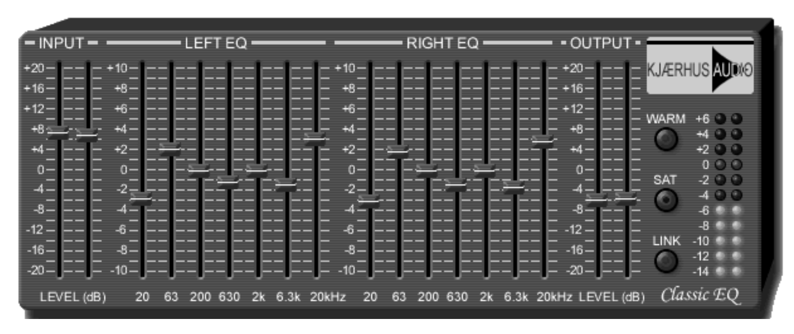
einen verzerrungsfreien Signalfluss bereitstellen (das Ausgangssignal klingt, wenn nichts absichtlich verändert wurde, wie das Eingangssignal) und auch spezifische, feinste Änderungen gestatten. Desweiteren muss sich der Mastering Engineer nicht nur mit dem Equipment auskennen, sondern auch das künstlerische Konzept hinter der zu bearbeitenden Musik verstehen. Dies erfordert langjährige Erfahrung und Übung.

Die Bearbeitungen im Mastering finden im Stereobereich überwiegend nur an zwei Spuren statt, also dem linken und rechten Kanal. Doch gibt es in Ausnahmefällen auch Situationen, in denen es möglich ist einzelne Spuren separat zu erhalten und noch zusätzlich hinzuzufügen (beispielsweise den Gesang), also eine Art „MiniMixdown“. Katz (2002) bezeichnet dies als „Mastering with Stems“.

5 Equalisation

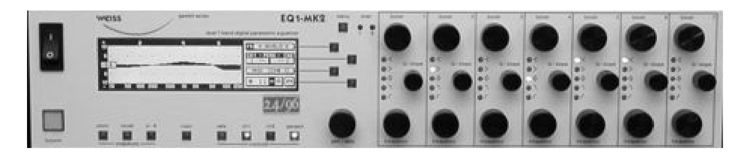
Ein Aspekt des kreativen Mastering beinhaltet die Filterung, bzw. Equalisation des Audiomaterials. Hierbei handelt es sich um die Verzerrung (Änderung des Frequenzgangs) bestimmter Frequenzen mittels komplexer Filterschaltungen, wie den Equalizern.

Equalizer (im folgenden EQ abgekürzt) gibt es in verschiedenen Ausführungen, die je nach Einsatzgebiet mehr oder weniger sinnvoll eingesetzt werden können. Beispielsweise würde es sich im Masteringprozess nicht unbedingt anbieten einen Festbandentzerrer (Graphic Equalizer, die Mittenfrequenz entspricht den Fadern) einzusetzen, da hier die Mittenfrequenzen der Filterbänder, sowie in den meisten Fällen auch die Bandbreite (Q), nicht variiert werden können (generell gilt: Je mehr Bänder ein grafischer EQ aufweist, umso schmaler sind die einzelnen Bänder, d.h. man hat eine genauere Kontrolle über das Frequenzband des Audiomaterials). Diese eignen sich aber aufgrund der schnellen Zugriffsmöglichkeiten hervorragend für den Live Einsatz. Die Filter sind meist in Oktav- oder Terzabständen angeordnet.



Digitaler Software Graphic Equalizer (VST-Plugin) Kjaerhus Classic EQ [Bild_EQ_01]

Im Mastering werden überwiegend parametrische Equalizer eingesetzt, die alle wichtigen Parameter wie Filtertyp, Bandbreite, Mittenfrequenz und Anhebung (Boost) / Absenkung (Cut) manipulieren und, sofern in der digitalen Ebene gearbeitet wird, grafisch darstellen lassen.



Digitaler Hardware parametrischer Equalizer Weiss EQ1 – MK2 [Bild_EQ_02]

In Recordingmischpulten finden sich häufig paragrafische Equalizer, also Filter mit in Grenzen einstellbaren Mittenfrequenzen und Cut/Boost. Die Filterbreite ist überwiegend fest, kann aber auch gelegentlich zwischen eng (Hi-Q) und weit (Low-Q) eingestellt werden.

5.1 Parameter der Equalizer

Die **Filtertypen** bei paramatrischen Equalizern lassen sich meist zwischen Shelving, Peak und Notchfilter umstellen. Notchfilter (auch als Kerbfilter, Bandsperrfilter bezeichnet) dienen hierbei zur Auslöschung unerwünschter Frequenzen, während Peakfilter zur Absenkung und Anhebung benutzt werden können. Das Notchfilter sperrt alle Frequenzen, die in seinem Arbeitsbereich liegen. Shelvingfilter, umgangssprachlich oft als Kuhschwanzfilter bezeichnet, gestatten eine lineare Anhebung bzw. Absenkung ober-, bzw. unterhalb der eingestellten Grenzfrequenz. Somit lassen sich beispielsweise Bässe oder Höhen generell aus dem Frequenzspektrum entfernen, bzw. absenken. Das Tiefpassfilter (auch Lowpass bzw. Hicut) sperrt alle Frequenzen über einer eingestellten Grenzfrequenz, während der

Hochpass (Hipass, bzw. Lowcut) dies für Frequenzen unterhalb dieser ausführt. Das Bandpassfilter kann als Kombination aus diesen beiden Filtertypen gesehen werden und sperrt Frequenzen unterhalb der einen und oberhalb der anderen Grenzfrequenz. Diesen Filtern ist gemeinsam, dass sie, oft über deren Flankensteilheit einstellbar, einen gewissen Bereich um die ausgewählten Frequenzen, mit abnehmender Lautstärke (X dB pro Oktave), mitbearbeiten.

[eq_filtertyp.wav] Umschaltung Filtertypen bei identischem Q & Boost

Das Audiobeispiel beginnt mit einem kurzen Stück ohne Filter, dann setzt das Bandpassfilter (im englischen Sprachraum auch als Bell bezeichnet) ein, geht über zum Lowshelffilter, zum Highshelffilter, Lowpassfilter, Highpassfilter und schließt dann wieder ohne Filter ab.

Tabelle mit gängigen Filtertypen

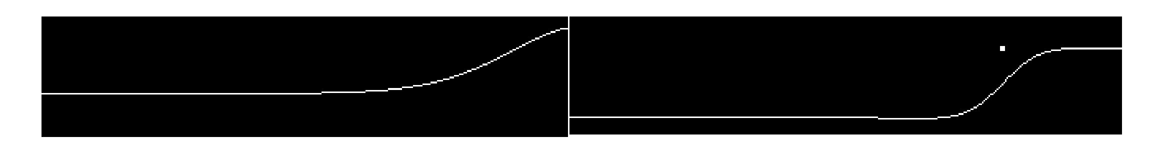
	Bandpass | Bell
	Hishelf | Kuhschwanz
	Lowpass | Tiefpass | Hicut
	Lowshelf | Kuhschwanz
	Hipass | Hochpass | Lowcut

[Tabelle_eq_01]

Einige professionelle Equalizer bieten weitere Filtertypen, beispielsweise „Baxandalfilter". Diese gestatten, im Gegensatz zum normalen Shelvingfilter kontinuierlich ansteigende, bzw. abfallende

Höhen und Bässe. Dieser lässt sich beispielsweise mit einem „halben“ Peakfilter simulieren. In den Audiobeispielen lässt sich erkennen, wie unterschiedlich auf diese Art angehobene Höhen klingen. Der simulierte Baxandal klingt wesentlich „luftiger.“ (Katz 2002)

Simulierter Baxandalfilter *Shelvingfilter*



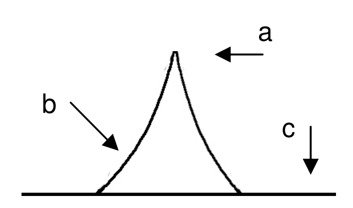
[Bild_EQ_03] *[Bild_EQ_04]*

> *[vorlage_30secsnip.wav]*
> *[eq_hishelf.wav]*
> *[eq_baxandal.wav]*
> Das erste Beispiel ist unbearbeitet, im zweiten wurden mit einem Hishelf die Höhen etwas angehoben. Das dritte Beispiel ist der simulierte Baxandalfilter.

Die **Verstärkung** einer Frequenz bzw. deren Absenkung werden als Boost bzw. Cut bezeichnet. Diese Parameter werden über Potentiometer oder Fader gesteuert (bzw. deren Softwarenachbildungen)

Die **Mittenfrequenz** eines Filters (oder eines Bandes in einem grafischen bzw. parametrischen Entzerrer) bestimmt die hauptsächlich zu beeinflussende Frequenz. Der zu manipulierende Frequenzbereich wird über den so genannten **Q-Faktor** eines Equalizerbandes bestimmt.

Diese Bandbreite, also der Hauptwirkbereich eines Filterbandes, wird auch als Filtergüte bezeichnet.



a) Frequenz
b) Mitbearbeitete Frequenz
c) Unbearbeitete Frequenz
[Bild_EQ_04]

Eine schmale Bandbreite (Hi-Q) wird im Mastering zur spezifischen Frequenzmanipulation herangezogen, um z.B. eine Bassdrum im Mix etwas hervorzuheben, oder um Störgeräusche zu entfernen, wenn diese kontinuierlich in einem Frequenzband enthalten sind.

> *[eq_hiq.wav]* demonstriert die klangliche Auswirkung eines hohen Q-Faktors. Es ist sehr deutlich eine Anhebung des Bassbereiches der Bassdrum bei 60 Hz wahrnehmbar.

> *[eq_lowq.wav]* demonstriert die klangliche Auswirkung eines niedrigen Q-Faktors. Hier wird ein breiter Frequenzbereich um 60 Hz herum angehoben. Die Bassdrum ist nicht mehr explizit verstärkt wahrnehmbar. Der Bassbereich klingt insgesamt etwas schwammiger.

> *Tipp: Um eine störende Frequenz schnell zu finden, stellt man ein möglichst schmales Frequenzband ein, boostet den Filter und bewegt diesen im Frequenzspektrum so lange hin und her bis man die störende Frequenz sehr laut hört. Dann kann man beginnen, diese wunschgemäß zu entfernen.*

Sehr interessant sind auch die klanglichen Auswirkungen der „konstant Q“ bzw. „variable Q“ Eigenschaften. Bei einem „konstant Q“ Equalizer bleibt die Bandbreite des Filterbandes erhalten, während im „variable Q“ Equalizer die Bandbreite mit ansteigendem Boost geringer wird. Die „variable Q“ Filter sollen den natürlichen Hörgewohnheiten am ehesten entgegenkommen.

a) [eq_oxford_70hz_kq.wav] b) [eq_oxford_1000hz_kq.wav]

Die vier Beispiele beinhalten eine Anhebung der Filter (Boost) über die Zeit. a) Jeweils bei 70 Hz und b) Jeweils bei 1000 Hz. Die oberen Dateien demonstrieren dies mit einem „konstant Q“, die unteren beiden mit einem „variable Q“.

a) [eq_oxford_70hz_vq.wav] b) [eq_oxford_1000hz_vq.wav]

Bei vielen Equalizern lassen sich noch Eingangs- und Ausgangssignal über **Inputgain bzw. Outputgain** absenken (teilweise auch anheben). Dies kann sehr wichtig werden, da andernfalls eine Anhebung einer Frequenz zu Übersteuerungen führen kann. Hierbei ist zu empfehlen das Eingangssignal abzusenken.

5.2 Equalisation an der Stereospur

Allgemein behandelt man eine Stereospur auf beiden Seiten gleichmäßig mit dem Equalizer. Ist ein Instrument aber auf einer Seite besonders stark vertreten und soll im Klang bearbeitet werden, kann dies auch nur auf einer Seite ausgeführt werden. Wichtig hierbei ist, dass dieser Eingriff nicht zu stark und nicht mit zu breiten Q-Faktoren ausgeführt wird, sonst kann das Stereobild etwas kippen.

Die unbearbeitete Stereospur *[vorlage_30secsnip-4db.wav]* wird unter anderem über den Protools beigelegten (ansonsten auf der Digidesign Website kostenlos herunterzuladen) parametrischen „7 Band EQ III“ bearbeitet. Hierbei fällt insbesondere auf, wie stark die Bearbeitung mit dem Equalizer hörbar ist. Das Audiomaterial klingt gefiltert.

[eq_version1_eq3.wav]
[eq_version1_renaissanceeq.wav]
[eq_version1_sonyoxford.wav]
[eq_version1_wavesq4.wav]

Anmerkung: Diese Beispiele wurden jeweils mit anderen Equalizerplugins erstellt. Bei allen Beispielen wurden dieselben Einstellungen vorgenommen. Logischerweise klingen diese Equalizer unterschiedlich, aber es ist auch zu bemerken, dass die gleichen Parameter sehr unterschiedliche Auswirkungen haben können. Insbesondere die Q-Einstellungen lassen sich nicht einfach übertragen. Um die Anhebungen auszugleichen und somit keine Übersteuerungen zu verursachen, wurde das ursprüngliche Audiomaterial um 4 dB im Pegel gesenkt.

Die elektronische Bassdrum im Beispielsong ist sehr unterrepräsentiert. Um dieses „Manko“ auszugleichen wird mit einem sehr engen Q bei 60 Hz eingegriffen. Der Boost beträgt 10 dB. Es tritt wieder der Effekt auf, dass sich das Audiomaterial sehr gefiltert anhört. *[eq_version1_kickboost.wav]*

Es gibt mehrere Möglichkeiten diese „Filterklänge“ gering zu halten:

Die erste Möglichkeit die, oben aufgeführten Bearbeitungen nicht allzu auffällig werden zu lassen, ist die Frequenzen die betont werden sollen, nicht so stark anzuheben und dafür andere Frequenzen (gegenläufige Frequenzen) abzusenken. Das Gehör ist für Absenkungen nicht so empfindlich und Filter erzeugen weniger hörbare „Artefakte“ wenn sie gecuttet, statt geboostet werden. Senkt man beispielsweise die Bässe etwas ab, treten die Höhen stärker hervor. Trotzdem kann das Material noch etwas gefiltert klingen.

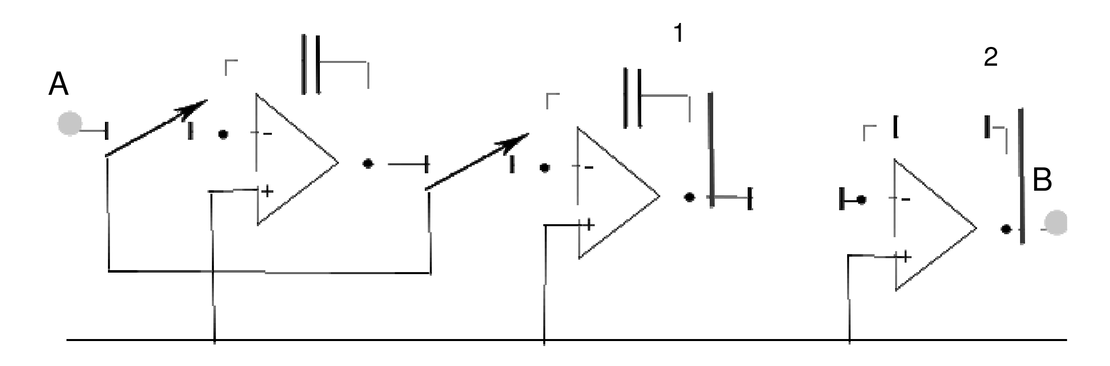
Die zweite Möglichkeit weniger hörbar zu filtern, ist über den Einsatz eines anderen „Filtertypes“, den so genannten „phasenlinearen Filtern“.

Die unbearbeitete Stereospur wird mit der Demoversion eines solchen phasenlinearen Filters, dem Algorithmix Orange PEQ (dieser ist in der Filterwirkung etwas aggressiver, als sein Pendant Red PEQ, ohne dabei die Phasenbeziehungen bzw. die Struktur der Harmonischen zueinander, zu stören), bearbeitet.

> *[eq_version2_orange.wav]* Dieses Beispiel wurde wie die vier „version 1“ Files bearbeitet (identische Frequenz, Q und selber Boost). Das Material klingt nicht mehr gefiltert, aber dennoch sind die Änderungen am Frequenzgang sehr gut hörbar. Allerdings klingen diese Änderungen „zum Material gehörend“. Man hat nicht den Eindruck, dass hier manipuliert wurde.
>
> Die elektronische Bassdrum wird wieder mit einem sehr engen Q bei 60 Hz angehoben. Der Boost beträgt wieder 10 dB. *[eq_version2_kickboost.wav]* Die Effekte sind in am einfachsten zwischen Sekunde 6 und 8 zu vergleichen.

Um die Phasenverzerrung herkömmlicher Filter und den Unterschied zu phasenlinearen Filtern näher zu erklären, wird grob die schematische Funktionsweise eines aktiven analogen Filters beschrieben.

5.3 Funktionsweise eines aktiven analogen Filters



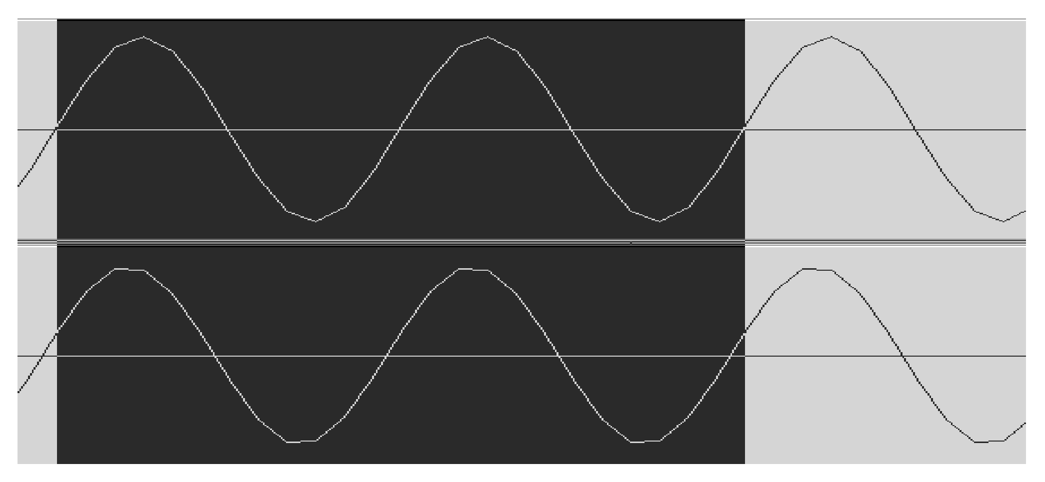
A & B: Feedbackloop; Abgriff 1: Cut; Abgriff 2: Boost [Bild_EQ_05]

Die einstellbaren Widerstände erlauben, in Kombination mit der Ladezeit des Kondensators, die Auswahl der Frequenz. Vor der zweiten RCBank hat das Audiosignal (über die invertierende Operationsverstärker Schaltung) eine Phasenverschiebung von 90 Grad erreicht.

Um eine Absenkung der Frequenz im ursprünglichen Audiomaterial zu erreichen, wird das „bearbeitete“ Signal nach der zweiten „RC – invertierender OP“ Strecke abgegriffen und dem original Audiomaterial hinzugemischt. Die Absenkung entsteht, da das Signal hier eine Phasenverschiebung von 180 Grad erreicht hat (gegenphasige Signale löschen sich bekanntlich aus). Entsprechend wird das Signal nach der dritten RC-OP Strecke abgegriffen (Phasenverschiebung 360 Grad) und dem Original hinzugemischt, um eine Verstärkung der gewünschten Frequenz zu erreichen. Je höher der Q (je steiler das

Filter) ist, umso öfter muss das Audiomaterial die RC-OP Strecke durchlaufen (Rückkopplung).

Die durch dieses Vorgehen entstehenden frequenzabhängigen Phasenverschiebungen (mit einem amplitudenabhängigen Delay) beeinflussen nicht nur die gewünschte Frequenz, sondern das gesamte Audiomaterial, da die Beziehungen der Harmonischen untereinander hierdurch „geändert“ werden.



Beispiel Phasenverschiebung: 4kHz Stereo WAV Rechte Seite (unten) mit EQ III bearbeitet. [Bild_EQ_06]

Diese Filter kennt man als nicht-phasenlineare Filter. Deren Klangveränderung kann erwünscht sein („Dieser Filter klingt gut / schlecht“). Im Mastering halte ich es aber für problematisch, sofern nicht gerade der spezifische Klang eines Gerätes erwünscht ist.

Bei digitalen Filtern ist oft ein analoger Sound gewünscht, daher weisen diese ebenfalls oft diese typischen „Filterklänge“ auf. Es werden Filteralgorithmen verwendet, die ebenfalls Phasenverschiebungen verursachen (neben anderen Effekten). Desweiteren entscheidet man

sich oft beim Filterdesign aus Performancegründen für dieses „einfachere“ Design. Phasenlineares Filtern kostet Zeit. Glücklicherweise gleichen aktuelle Hostprogramme dies durch „Plugin Delay Compensation“ aus.

> „…Die einzelnen Signalkomponenten, speziell bei komplexen Mischungen, werden zeitlich stark gestreut, wodurch im bearbeiteten Signal der Zeitbezug der Harmonischen zueinander erheblich gestört wird. Das Ergebnis ist, dass z.B. eine scharfe Bassdrum plötzlich verwaschen klingt, Vokalstimmen schrill oder spröde, und schöne dichte Mischungen ihren ursprünglichen Charakter verlieren….“
> (Algorithmix Red LPEQ Anleitung)

Im Mastering sollte nach Möglichkeit so wenig „unspezifizierte“ Klangveränderung wie möglich auftreten, d.h. es sollte auf jede Klangveränderung genauen Einfluss genommen werden können. Dies ist mit sogenannten phasenlinearen Filtern möglich. Diese erzeugen eine über das gesamte Frequenzspektrum konstante Phasenverschiebung und Verzögerung. Diese sind auch nicht analog herzustellen. Auch ist eine hohe Rechenkapazität hierfür notwenig,

> “…if one processes a sample with any IIR system, then time-reverses this sample and processes it again with the same IIR system, one will effectively have cancelled out the phase response of the IIR system, while squaring the amplitude response. The solution lies in the time-reversed (noncausal) filter of this algorithm. So effectively, the EQ1-LP is a time machine, sending the audio signal backwards through time... On a side note, this algorithm was experimentally implemented by Weiss

> Engineering in 1995, but only now is current DSP hardware powerful enough to realize the seven band 96kHz requirements of the EQ1-LP...." (WEISS EQ1-LP Broschüre)

Phasenlineare Filter bedeuten nicht, dass Frequenzen beliebig steil und stark angehoben werden können, ohne auch die anderen des Audiomaterials zu beeinflussen. Die klanglichen Veränderungen werden allerdings im Gegensatz zu „normalen" Filtern erst bei extremeren Einstellungen hörbar. Mit linearphasigen Filtern treten andere „Klangverfälschungen auf. Laut Katz (2002) können bei besonders steilflankigen Eingriffen Pre-Echos der manipulierten Frequenz auftreten. Es lassen sich mit diesen Filtern auch stärkere Effekte erzeugen. D.h der EQ muss nicht so stark eingesetzt werden, um identische Klangveränderungen zu erhalten.

6 Dynamikbearbeitung

Die Bearbeitung der Dynamik eines Musiktitels ist einer der wichtigsten Punkte im Mastering. Dynamik wird als der Unterschied zwischen den lautesten und leisesten Passagen einer musikalischen Darbietung definiert.

Ausgabegeräte (Anlagen, Boxen) und Übermittlungsverfahren (Radio, CD, Tonband, DVD) sind technisch nicht immer in der Lage den gesamten Dynamikbereich, wie er z.B. bei klassischer Musik oder einigen Live-Darbietungen vorherrscht, darzustellen. Es besteht auch die Gefahr, dass zu leise Stellen im „Rauschteppich" der Technik untergehen. Der Störpegelabstand kann durch Dynamikeingrenzung und anschließender Anhebung der Gesamtlautstärke vergrößert werden.

Zudem können zu laute, unerwartete Peaks unter Umständen die Wiedergabekette / Ausgabegeräte beschädigen. Im weniger schlimmen Fall treten Verzerrungen auf, Versagen aber die Schutzmechanismen der Verstärker bzw. Boxen, können beispielsweise die Hochtöner reißen. Im schlimmsten Fall treten Gehörschädigungen auf (Insbesondere beim Abhören mit Kopfhörern).

Bei der Radioübertragung gilt es insbesondere, die Musik trotz der lauten Umgebungsgeräusche, beispielsweise während der Autofahrt, hörbar zu halten. Hier führt die Dynamikeingrenzung auch zu einer höheren Sendereichweite in der LW, MW und KW Übertragung. Weiterhin können zu laute Peaks zu unerwünschter Modulation der gestatteten Bandbreite des Senders führen. Dies bedeutet allerdings nicht, dass Material sehr stark komprimieren werden sollte. Beim

Sender wird immer komprimiert und wenn ein Song keine „lauten Stellen“ mehr hat, kann es unter Umständen dazu führen, dass das Gesamtmaterial im Pegel reduziert wird. Zudem kann er so seinen letzten Rest Punch auch noch verlieren.

Typische System-Dynamikwerte

- Ohr: 130dB
- großes Orchester: 70dB
- CD-System: 96dB
- Super Audio Compact Disc: 120dB
- UKW: 40 bis 55dB
- HiFi-Anlage: 65 bis 75dB
- Sprache: 50dB

[Tabelle_C_01]

Dies sind technische Gründe die Dynamik des Audiomaterials zu beschränken. Doch es gibt auch klangliche Argumente, um selbst die technisch mögliche Dynamik nicht vollständig auszunutzen.

Gesang wird auch komprimiert, um sich in einer kompletten Musikproduktion noch durchsetzten zu können. Andernfalls kann die Sprachverständlichkeit unter Umständen nicht mehr gegeben sein. Einzelne Instrumente können beim Mix durch den Einsatz der Dynamikbegrenzer einen Anderen Klang erhalten. Beispielsweise kann der Attacksound eines Basses abgesenkt werden, um diesen insgesamt etwas weicher klingen zu lassen. Schlaginstrumente können hervorgehoben oder „unpräziser“ werden. Bestimmte Musikrichtungen wie Hardrock oder Heavy Metall erfordern den Sound der Dynamikbegrenzer.

In Pop und Rockmusik ist es oft gewünscht, einen Titel „möglichst laut“ klingen zu lassen, da ein „lauter“ Song vom Zuhörer mehr beachtet bzw. als „besser klingend“ empfunden wird. Dieser Umstand ist für die bei aktuellen Produktionen kaum noch vorhandene Dynamik mitverantwortlich.

Audiophile Produktion



[Bild_wave1]

Aktuelle Popproduktion



[Bild_wave2]

Sogenannte audiophile Produktionen hingegen, wie Beispielsweise von „Enja Records“ oder „Stockfisch Records“, nutzen sehr viel der reproduzierbaren Dynamik aus (was allerdings nicht der einzige klangliche Unterschied zu „Standard“ Produktionen ist.).

> Komprimiertes Audiomaterial kann wesentlich lauter „klingen“ bzw. wirken, selbst wenn es einen niedrigeren Maximalpegel als das unkomprimierte Signal aufweist.
>
> *[co_max2db.wav] Maximaler Pegel bei – 2 dB*
>
> *[co_max6db.wav] Maximaler Pegel bei – 6 dB*
>
> Das zweite Beispiel wird, obwohl der maximale Pegel 4 dB niedriger liegt, dennoch als lauter empfunden. Im zweiten

Beispiel wurde die Lautheit mittels Kompression erhöht, der maximale Pegel allerdings auf – 6 dB beschränkt.

Einzelne Songs durch Lautstärke im Radio nicht untergehen zu lassen bzw. diese „auffällig zu machen“ ist nicht störend. Störend ist es allerdings, wenn ein komplettes Album durchgängig gleich laut klingt. Ein Album sollte einen Spannungsbogen mit Höhen und Tiefen beeinhalten, um das „Werk“ „miterleben“ zu können. Insbesondere bei klassischer Musik sind diese Spannungsbögen mitzufühlen.

Tipp: Ein Artikel zum Thema Lautheit:
http://www.prorec.com/prorec/articles.nsf/files/8A133F52D0FD71AB86256C2E005DAF1C

Geräte zur Dynamikeingrenzung sind beispielsweise Kompressoren und Limiter. Durch deren Einsatz kann das Audiomaterial „dichter“ bzw. durchsetzungsfähiger wirken. Allerdings können Kompressoren den „Klang“ des Audiomaterials durch die Dämpfung der gewünschten Pegel in einem einstellbaren Verhältnis, in Kombination mit deren Zugriffs- und Abklingzeit, sehr stark ändern. Durch diese Dämpfung wird das ursprüngliche Verhältnis der lauten und leisen Signale zueinander geändert (eine stete Veränderung der Originaldynamik (Webers 1998)). Limiter, vorausgesetzt sie werden im richtigen Verhältnis eingesetzt, klingen nicht so auffällig, da deren Regelung erst kurz vor erreichen der Vollaussteuerung einsetzt (beim Einsatz als Peaklimiter). Limiter sorgen also für eine höhere Lautstärke, Kompressoren für mehr Druck in der Mischung.

Multibandkompressoren bieten noch weitere Eingriffsmöglichkeiten in das Verhältnis der Frequenzen zueinander. Diese erlauben, im

Gegensatz zu den Summenbandkompressoren, eine frequenzselektive Dynamikbearbeitung. Dies bedeutet, dass beispielsweise der Bassanteil eines Signals wesentlich stärker komprimiert werden kann als der Mitten- oder Höhenbereich. Dies verändert den Sound eines Titels beträchtlich (was nicht unbedingt schlecht sein muss). Meist schaltet man nach der Kompression noch einen Limiter hinzu, um die Impulsspitzen damit abzuschneiden. So muss der Kompressor nicht so stark eingestellt werden (sehr große Ratio) und seine Klangverfälschung durch das Absenken tritt nicht so stark in den Vordergrund. Es ist erwünscht, die Dynamikeingrenzungsvorgänge nicht zu hören. Um eventuelles Rauschen in den Bereichen kleiner Pegel, dass durch die Kompression hörbar verstärkt wird, abzusenken, können wiederum Expander in den Signalfluß eingeschliffen werden.

Kompressoren sorgen für eine sich ändernde Pegelreduzierung. Sie sind nicht so einzustellen, dass eine dauerhafte gleichbleibende Reduktion stattfindet. Kompressoren bzw. Limiter sind anhand unten aufgeführter statischer und dynamischer Parameter regelbare Verstärker.

6.1 Parameter der Kompressoren

Kompressoren, unabhängig von der digitalen bzw. analogen Welt, weisen folgende Parameter auf:

Gain: Input bzw Output Gain. Einer dieser Parameter ist immer enthalten. Es gibt Kompressoren die beide Parameter aufweisen. Der überwiegende Anteil enthält jedoch nur Output Gain, meist einfach als Gain bezeichnet. Input Gain ist die Anhebung bzw Absenkung des

Eingangssignals. Das Output Gain dient zum Ausgleich der Pegelabsenkung durch die eigentliche Kompression.

Ratio: Die Ratio bestimmt das Reduzierungsverhältnis der Signale über dem unten erläuterten Threshold. Ist ein Signal beispielsweise 10 dB über dem Threshold, wird es, bei einer Ratio von 2:1 auf 5 dB über dem Threshold reduziert.

Threshold: mit diesem Wert wird der „Grenzpegel" des Kompressors angegeben. Der Kompressor arbeitet über diesem Wert. Signale darüber werden entsprechend der Ratio reduziert.

Attack: mit der Attacktime wird bestimmt wie schnell der Kompressor auf die Signale einwirkt. Oft weisen Kompressoren hierfür nur feste Werte wie „Fast" und „Slow" auf. Doch ist es sinnvoller diese in Millisekunden eingeben zu können, denn durch geschicktes wählen dieser Zeit kann ein Signal trotz der Kompression noch sehr transientenreich erhalten bleiben, d.h. die ersten Pegelspitzen werden nicht abgesenkt. Wird dieser Parameter falsch eingestellt, können Signale plötzlich sehr unsauber und undurchsetzungsfähig werden. Percussive Signale liefern mit dem ersten „Peak" auch ihre Höhen. Wird dieser beseitigt, so klingt solches Material „Dumpf". Zu schnelle Attackzeiten können auch zu „Knackgeräuschen" führen, d.h. der Kompressor „greift" mitten in eine Wellenform hinein.

Folgende Audiobeispiele demonstrieren die Wirkung des Attackreglers:

> *[co_cutattack.wav] zu schneller Attack;* Die Transienten der Snaredrum klingen nicht mehr „hart". Der Sound klingt dumpf und unsauber.

[co_slowattack.wav] zu langsamer Attack; Die Transienten der Snare verursachen clipping. Das Output Gain des Kompressors hebt diese an, da seine „reduzierende" Wirkung zu langsam einsetzt.

[co_goodattack.wav] passender Attack; Die Snareanschläge werden gedämpft, aber trotzdem klingt die Snaredrum noch „knallig". Sie ist so im Mix besser leichter wahrzunehmen.

Release: Dieser Parameter bestimmt wie lange ein Kompressor benötigt um die Pegel nach der Triggerung nicht mehr zu reduzieren.

Folgende Audiobeispiele wurden bewußt ohne Gainmakeup bearbeitet, um die Releasewirkung zu verdeutlichen.

[co_release_slow.wav] sehr lange Releasezeit
Zunächst fällt auf, dass das Material wesentlich leiser ist. Achtet man genauer auf den Elektrobeat, hat sich dieser „in den Hintergrund bewegt". Auch die Snareschläge liegen nicht mehr im richtigen Verhältnis zueinander.

[co_release_fast.wav] sehr kurze Releasezeit
Das Material ist lauter als mit der langen Releasezeit. Es klingt aber auch nicht mehr richtig und der Kompressor ist deutlich herauszuhören.

[co_release_common.wav] durchschnittliche Releasezeit

Das Material ist nicht mehr so laut, aber auch nicht so leise wie im ersten Beispiel. Hier bleibt der „Groove“ des Elektrobeats erhalten.

Knee: Das Knee gibt die „Härte“ der einsetzenden Kompression an. Hierbei gibt es oft nur die Einstellungen Soft & Hard Knee. Bei einem Soft Knee setzt die Kompression am Threshold nur langsam ein, bei einem Hard Knee dagen „schlagartig“.

[co_knee_15.wav] SOFT KNEE

[co_knee_36.wav] HARD KNEE

Die Bassdrum klingt in der „Soft Knee“ Einstellung etwas “weicher”. Beim „harten Knee“ setzt die Kompression sehr schnell stark ein. Die Bassdrum klingt sehr Hart. In beiden Beispielen wurde lediglich die Knee-Einstellungen geändert, alle anderen Parameter blieben gleich.

Auto: Einige Kompressoren bieten eine sich an das Programmmaterial dynamisch anpassende Attack- und Releasezeitenregelung. Diese Funktion ist vorallem bei der Stereosummenkompression sinnvoll, da hier im Gegensatz zu Einzelsignalen wesentlich stärkere Änderungen der Transienten auftreten.

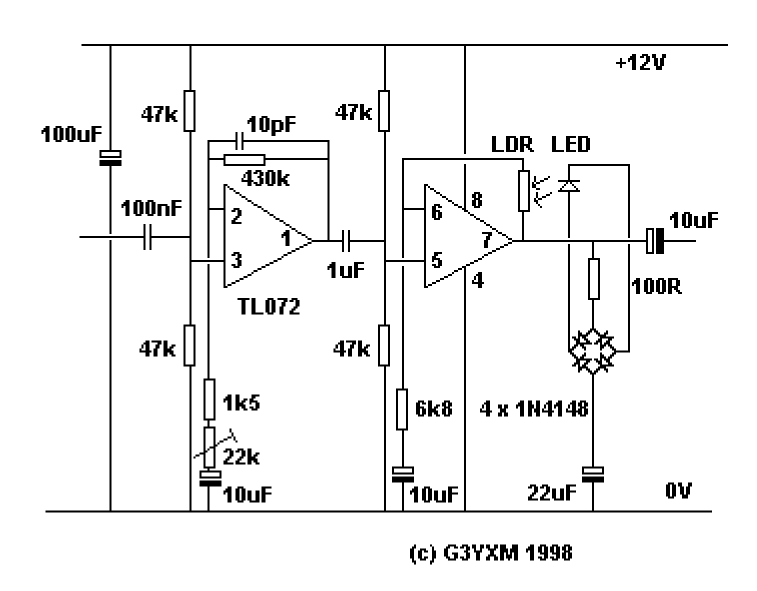
Peak / **RMS:** Einige Kompressoren bieten die Möglichkeit zwischen diesen beiden grundsätzlichen Arbeits- bzw. Detektionsmethoden umzuschalten. Im Peakmodus reagiert der Kompressor auf hohe Peaks sehr schnell, kann aber auch sehr unnatürlich klingen. Im RMS Modus reagiert ein Kompressor ähnlich dem menschlichen Ohr auf den

„durchschnittlichen“ Level, die Lautheit der Musik. So bleiben Transienten gut erhalten (Peaks können durch einen nachgeschalteten Limiter „beseitigt“ werden), da er erst bei länger anhaltenden lauten Passagen reagiert.

Key / Sidechain: bietet die Option, den Kompressor auf ein anderes Signal als den eigentlichen Input reagieren zu lassen. Hierbei wird trotzdem das normale Eingangssignal bearbeitet. Dieser „Seiteneingang“ bietet viele Verwendungsmöglichkeiten. Wird das Sidechainsignal mit einem Equalizer bearbeitet reagiert der Kompressor auf bestimmte Frequenzen. Prinzipiell arbeitet so auch ein De-Esser. Wird das phaseninvertierte Eingangssignal in den Sidechain eingeschliffen, arbeitet der Kompressor wie ein Expander. Auch lässt sich über den Keyinput ein Ducker erstellen (Der Kompressor dämpft die eingangsseitig anliegenden Signale (kein Gain verwenden) wenn ein Signal (Beispielsweise Radiosprecher) am Keyinput anliegt. Bietet der Kompressor keine Kneeumschaltung kann stattdessen das Eingangssignal verzerrt in den Keyinput eingeschliffen wern. Abhängig von Verzerrungsart und Detektionsmodus beeinflusst dies dann das Knee des Kompressors. Auf der beiliegenden CD befindet sich im Protools Verzeichnis ein Projekt mit Kompressor und aktiviertem Sidechaineingang.

Stereolink: Dies ist die Umschaltung zwischen zwei Monokompressoren und einem Stereokompressor. Bei der Bearbeitung eines Stereosignals sollte diese Funktion aktiviert (also beide Kompressoren verlinkt) sein. Die Bearbeitung muss unbedingt auf beiden Seiten identisch stattfinden, sonst ändert sich das „rechts – links“ Verhältnis: Das Stereoklangbild „kippt“ seitlich.

6.2 Funktionsweise eines einfachen analogen einkanaligen Kompressors



[Bild_C_01]

Die hier aufgeführte Schaltung arbeitet über Dioden und photosensitive Widerstände. Je heller die Diode leuchtet umso stärker wird das Eingangssignal reduziert (über den invertierenden OP). Der einstellbare Widerstand bestimmt die Verstärkung des Eingangssignals.

6.3 Summenbandkompression

Hierbei wirken die Kompressoren auf das gesamte Frequenzspektrum. Sie sind einfacher einzustellen als Multibandkompressoren und liefern, sofern das Audiomaterial nicht extrem problembehaftet ist, die schnellsten brauchbaren Ergebnisse.

6.4 Multibandkompression

Je nach Bandanzahl (meist 3, in Softwarelösungen können oft mehrere „Bänder“ hinzugeschaltet werden) können verschiedene Frequenzbereiche unterschiedlich komprimiert werden. Es existieren für jedes Band die gleichen Parameter. Im Prinzip kann ein Mehrband- bzw. Multibandkompressor wie mehrere Kompressoren mit je einem vorgeschalteten Filter betrachtet werden. Diese Art Kompressor ist nur mit genügend Erfahrung richtig einstellbar und es kann viel Zeit benötigt werden um gute Ergebnisse zu erzielen. Allerdings haben sie den Vorteil das z.B. Bassdrum bzw. Basssignale unabhängig von den Höhen oder der Gesangstimme bearbeitet werden können. Dies bedeutet ein Crashbacken bestimmt nicht die gesamte Kompression des Audiomaterials, also auch der Vocals oder Bässe, sondern ausschliesslich der hohen (bzw. sich ein seinem Spektrum befindlichen) Frequenzanteile. So kann auch dynamisch entzerrt werden. Wenn der Frequenzgang des Mixes grundsätzlich „in Ordnung“ ist, aber eine bestimmt Frequenz gelegentlich hervorsticht, kann dies durch die Kompression dieser Frequenz (bzw. des Frequenzbereiches) korrigiert werden. Aufgrund dieser frequenzselektiven Arbeitsweise kann unter Umständen insgesamt ein größerer Lautheitsgewinn als bei der Summenbandkompression erreicht werden.



[Bild_C_02] FL Studio Fruity MultiBand Compressor

[vorlage_freecrashes.wav]

[co_freecrashes01.wav]

[co_freecrashes02.wav]

Das erste File ist unbearbeitet, das zweite nur mit einem Multibandkompessor im Bassbereich (bis 350 Hz) bearbeitet. Im dritten Beispiel wurden identische Einstellungen für das gesamte Spektrum vorgenommen.

6.5 Limiter

Im Prinzip ist ein Limiter nichts anderes als ein Kompressor mit hohem Threshold und einer Ratio über 10:1. Laut Webers (1989) ist der Limiter ein Verstärker, der die Ausgangsspannung zur Eingangsspannung proportional hält. Bis zum erreichen des mittels Threshold eingestellten Maximalwertes, steigt die Ausgangsspannung aber nicht weiter an.

Der Limiter, als ein Verwandter des Kompressors, kann die gleichen Parameter (Einstellmöglichkeiten) wie dieser aufweisen. Allerdings hat er, als Schutzlimiter berieben, die Funktion Pegelspitzen über dem Threshold komplett zu verhindern (also, anhand der sehr großen Ratio zu dämpfen). Daher muss er auch sehr schnell reagieren.

Durch das Absenken der maximalen Pegel, lässt sich die Lautstärke insgesamt wieder anheben. Die meisten Limiter bieten hierfür wieder einen Regler an.

Es bietet sich an für Dynamikbegrenzer eine Art „Vorschaufunktion“ zu implementieren, den sogenanten „Look Ahead“ Modus. Das Material wird vor der Bearbeitung analysiert (z.B. einige Audiosamples werden

vor der Bearbeitung eingelesen). So können die Parameter rechtzeitig auf das Programmaterial eingestellt werden und die Geräte entsprechend reagieren. Es sind somit die kleinsten Attackzeiten möglich. Dies bedeutet eine gewisse Latenz, die aber durch aktuelle Hostprogramme automatisch ausgeglichen werden kann.

Tipp:
Hohe Dichte des Materials -> langsame Rückstellzeit
Geringe Dichte mit kurzzeitigen Pegelspitzen -> schnelle Rückstellzeit

6.6 Expander

Ein Expander senkt Signale unterhalb des Thresholds weiter im Pegel und sorgt somit für die Erhöhung der Dynami. Beispielsweise kann er bei zuvor sehr stark komprimierten Stücken die Mikrodynamik eines Songs (in Grenzen) wieder herstellen. Im Gegensatz zum Kompressor kann er den Sound eines Titels etwas aufhellen. Ansonsten verfügt er über die selben Parameter wie ein Kompressor. In der Praxis kann somit auch auftretendes Grundrauschen im Pegel abgesenkt werden.

6.7 Parallele Kompression

Das Ohr vergibt die Anhebung leiser Signale eher, als das Runterpegeln lauter Signale. Dies bedeutet die Bearbeitung fällt nicht so auf, aber der Mix klingt lauter! (Katz 2002)

Aufgrund dieser Tatsache gibt es die Idee Material, dass etwas dichter klingen soll, parallel zu komprimieren. Dies bedeutet, dass Eingangssignal zu splitten, also auf zwei Spuren im Pult zu legen und

nur eines davon zu komprimieren. Anschliessend werden beide Signale wieder zusammengemischt. Hierbei wird das zu komprimierende Signal mit einer sehr kurzen (möglichst weit unter einer Millisekunde) Attackzeit, einer relativ langen Releasezeit (beispielsweise zwischen 250 und 350 Millisekunden) und einer Ratio nicht über 3:1 (sofern hierfür wirklich Einschränkungen vorgeben werden dürfen) bearbeitet. Der Threshold sollte hierbei sehr tief liegen. Für den Beispielsong habe ich diesen bei etwa -30 dB angesetzt. Der Effekt der hierbei entsteht ist, dass die lauten Signale sehr stark im Pegel reduziert werden und die leisen Signale durch das Gain eine Pegelanhebung erfahren (alle Signale des Kompressors werden durch diesen Parameter lauter. Das Gain sollte allerdings nicht soweit aufgedreht werden, dass es die Kompression wieder aufhebt). Mischt man nun das komprimierte Signal mit dem unkomprimierten, kann man über das Verältnis der beiden Signale eine sehr neutral klingende Kompression erreichen. Der Trick ist, dass die lauten Signale und Transienten der unkomprimierten Spur quasi unbearbeitet (denn sie überdecken den komprimierten Anteil) zu hören sind, während die vormals leisen Signale durch das Makeupgain des Kompressors viel lauter hervortreten. Das Beispiel wurde so eingestellt, dass die sehr leisen Stellen des Songs vom Kompressor nur angehoben und nicht reduziert werden. In der Spur, welche die Summe der beiden Signale enthält, befindet sich eine dezent eingestellter Limiter, um das Signal insgesamt etwas lauter zu machen.

[SWE_Mastering_PC.ptf] im Verzeichnis „protools“

Wenn das System keine automatische Latenzkompensation besitzt, muss man beim Einsatz dieser Technik aufpassen. Durch den Kompressor kann eine gewisse Verzögerungszeit auf der einen Spur entstehen. Wird diese mit der unbearbeiteten Spur gemischt, entstehen

unschöne Klangveränderungen. Um diesen zu entgehen, sollte ein Delay in die unkomprimierte Spur eingeschliffen werden. Um dieses einzustellen, entweder im Kompressor oder im Delay die Phase des Signals drehen und die Delayzeit solange variieren bis das Summensignal komplett ausgelöscht wird. Der Kompressor muß bei diesem Vorgang mit einer 1:1 Ratio arbeiten, sonst hört man ihn trotzdem immer wieder durch, da sich nur Signale mit „gegenüberliegender Phase“ und gleichem Pegel auslöschen.

6.8 Manuelle Dynamikbearbeitung

Eine oft vergessene Art der Dynamikmanipulation ist das sogenannte Gainriding. Über die heute praktisch in jeder Workstation vorhandenen Automationsmöglichkeiten, wird in den leisen Stellen der Pegel über eine „Faderfahrt“ (oder „einzeichnen“) angehoben. So kann ein evtl. nachgeschalteter Kompressor etwas dezenter eingestellt werden (Threshold höher setzen), da die ganz leisen Signale schon lauter geworden sind.

6.9 Digital Fullscale

Durch extremen Einsatz von Limitern können höhere Pegel als digital zulässig entstehen. Wird Audiomaterial bis an 0 dBFS (Full Scale, digitale Aussteuerungsgrenze) ausgesteuert, kann es zu sogenannten Intersamplepeaks kommen. Zwischen den einzelnen Audiosamples (bei 44,1 kHz Samplerate sind das 44100 Audiosamples pro Sekunde) entstehen Peaks über 0 dBFS. Diese werden allerdings von der überwiegenden Anzahl der Peakmeter nicht erfasst. Analoge Peakmeter sind zu langsam und digitale arbeiten auf einer Sample zu

Sample Basis, und nicht „zwischen“ den Samples (sie analysieren nur die einzelnen Samples).

Abhilfe schaffen „interpolierende“ Peakmeter, die die analoge Wellenform „simulieren“ und somit real auftretende Pegelspitzen anzeigen. Wahlweise kann auch auf einen max. Pegel unter 0 dBFS „gemastert“ werden.

Wenn der maximale Pegel der realen Schwingungsform nicht genau auf der Abtastrate liegt, können bei der DA Wandlung (also der „Rekonstruktion“ der Wellenform) zwischen diesen Samples höhere Pegel entstehen. Weiterhin können diese Peaks durch Rechteckwellenformen (die durch Peaklimiting entstehen können) bei dieser DA Wandlung auftreten. Da Rechtecke aus Sinusschwingungen „konstruiert“ werden, „zerfallen“ diese unter Umständen bei der Filterung (DA Wandlung ist bekanntermassen immer mit einer Tiefpassfilterung verbunden) in neue „Wellen“.

7 Stereobasis

Generell sollte man mit Stereoarbeiten vorsichtig umgehen, da für die Radio- & TV- Ausstrahlung, sowie Schallplattenpressung, die Monokompatibilität des Audiomaterials gegeben sein muss. Konsumenten die nur Monomaterial wiedergeben können, erhalten sonst gegebenenfalls einen etwas „strangen“ Sound. Instrumente, die sehr stark auf eine Seite gemischt sind, sind nicht mehr, oder kaum noch, zu hören. Bei der Herstellung der Vorlage zur Vinylpressung entstehen durch große Panorama bzw. Phasenunterschiede im Bassbereich Fehler: „Die Klinge springt“ (keine Stereobasisverbreiterungseffekte einsetzten).

7.1 MS Prinzip

Es gibt Fälle, in denen es sinnvoll ist, auf Signale aus der Mitte und auf Seitensignale unterschiedlich einwirken zu können. Hierfür gibt es eine Lösung die, aus der stereophonischen Mikrofonaufnahme kommend, das Stereosignal „linker & rechter Kanal“ in das Summen und Differenzsignal, also Mitte und Seite, zerlegt. Sind keine entsprechenden Plugins vorhanden (also MS Encoder & Decoder) kann man diese auch im Mischpult manuell erstellen.

Dieses Prinzip kann auch in analogem Equipment zum Einsatz kommen. Da arbeiten an Stereosignalen keine Toleranzen erlauben und, aufgrund elektrotechnischer Bauteiltoleranzen, nicht immer garantiert werden kann das linker und rechter Kanal identisch manipuliert werden. Werden M und S statt L und R Signale bearbeitet, wirken sich evtl. auftretende Toleranzen nicht so gravierend aus. Die

Umsetzung zwischen beiden „Signalarten“ findet dann in den Geräten statt.

7.1.1 MS Encoder

Um aus einem Stereosignal ein MS Signal zu machen, wird dem linken Kanal der rechte Kanal Phasengedreht zugemischt. Diese werden um 6 dB im Pegel reduziert. Das entspricht der Formel „(Links – Rechts) / 2“ und ergibt das Seitensignal.

Weiterhin muss der rechte Kanal mit dem linken addiert werden um das Mittensignal zu erhalten. Bei beiden muss eine Pegelreduzierung um 6 dB erfolgen

Nun können Mitte und Seite der Mischung unabhängig voneinander bearbeitet werden. Z.B Vocals oder Drums, die hauptsächlich aus der Mitte kommen, können mit einem Equalizer bearbeitet werden, ohne den Klang der anderen, seitlich angeordneten, Instrumente ebenso stark zu manipulieren.

7.1.2 MS Decoder

Um das MS Signal wieder in ein reguläres Stereosignal zu wandeln. Das linke Signal ergibt sich aus der Addition des Seitensignals mit dem Mittensignal. Dies entspricht „Seite + Mitte“. Das rechte Signal wird aus der Addition des Seiten- und einem phasengedrehten Mittensignal erzeugt, was der Formel „Seite - Mitte“ entspricht.

Auf der CD befindet sich im Ordner „protools“ die entprechende Protools Session [SWE_Mastering_MS.ptf].

7.1.3 Anwendungen

Mit der Anhebung des Seitensignals, bzw. der Absenkung des Mittensignals wird der Mix diffuser. Der Diffusschallanteil tritt stärker hervor. Senkt man dagegen das Seitensignal etwas ab, sind Signale aus der Mitte deutlicher wahrzunehmen. So könnte man z.B einen unterrepräsentierten Sänger stärker in der Vordergrund holen. Leider erhält man so eine etwas reduziertere Stereobreite.

Was man mit der MS-Technik nicht erreichen kann, ist eine Erweiterung der Stereobreite über das Originalmaß hinaus. Die Seiten werden aus einer Kombination aus dem Seiten- und dem Mittensignal erstellt. Fehlt nun das Mittensignal, ist nur noch das Monoseitensignal auf beiden Kanälen gleichstark vorhanden.

> *[ms_ms01.wav]* Das Audiobeispiel enthält in den ersten 30 Sekunden ausschließlich das Mittensignal. Anschließend wird das Seitensignal langsam steigend bis 0 dB zugemischt. Nach weiteren 30 Sekunden wird das M Signal 30 Sekunden lang ab und wieder für 30 Sekunden hochgefaded. Für den Rest des Songs bleibt es bei-2,8 dB stehen.

Um die MS Technik als spielerischen Effekt einzusetzen, könnte man beispielsweise nur das S Signal komprimieren und somit eine sich mit der Kompression ändernde Stereobreite erhalten.

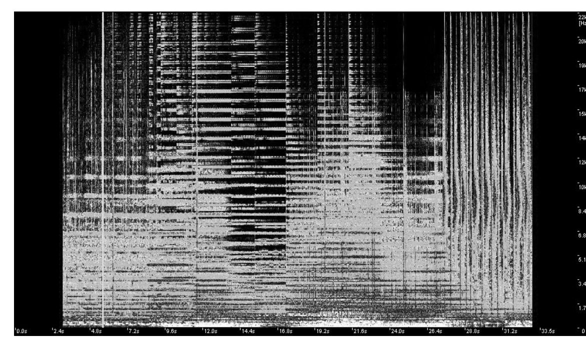
7.2 Stereobasisverbreiterung

Um die Stereobasis zu erweitern, gibt es weitere Effekte, die Prinzipiell über Phasenauslöschungen arbeiten. Hierbei wird das linke Signal anteilig (in einem einstellbaren Verhältnis) dem rechten Signal beigemischt (und natürlich auch das rechte Signal dem linken).

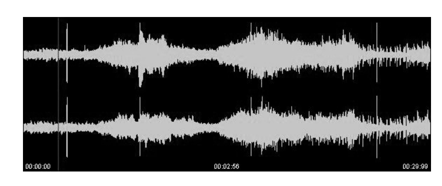
8 Störgeräuschentfernung

Ein weiterer wichtiger Aspekt im Mastering ist das Entfernen von Störgeräuschen. Da dies, mit den bisher bekannten Werkzeugen wie dem Equalizer ohne starke Einbußen im Frequenzgang des Stückes nur schwer möglich ist, werden hierfür oft spezialisierte Plugins eingesetzt.

Klar lassen sich mit dem EQ durchgängig vorhandene Störfrequenzen, wie zum Beispiel Netzbrummen, absenken, aber bei Live-Aufnahmen mit Publikum, und den sporadisch auftretenden, obligatorischen Geräuschen, wie beispielsweise Stuhlknarren, Husten & Handyklingeln, ist man beim Einsatz eines EQ´s relativ schnell am Ende der Möglichkeiten angelangt. Hierfür gibt es spezialisierte Anwendungen wie den Algorithmix Renovator. Diese Art interpolierender Restaurationswerkzeuge lässt Störgeräusche in einer grafischen Darstellung markieren und anhand einiger Parameter entfernen. In dieser Darstellung ist es nicht ganz so einfach dem kompletten Umfang einiger Störquellen zu sehen, aber das Programm bietet einige Hilfsmittel, wie die automatische Selektion anhand des Pegels sowie unterschiedliche frequenz- und zeitbasierte Markierwerkzeuge. Zudem kann man beliebig zoomen und auch die Art der Darstellung ändern.

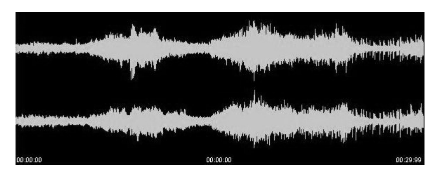


Die entstehende Lücke im Audiomaterial wird mit, aus dem die ursprüngliche Störung umgebenden, Material gefüllt. Hierbei wird das fehlende „Stück" interpoliert, also berechnet. *[Bild_NR01*]



[Bild_NR02]

[nr_vorlage_stoer2.wav] Musik, mit 4 sehr lauten Feuerzeugclicks.



[Bild_NR03]

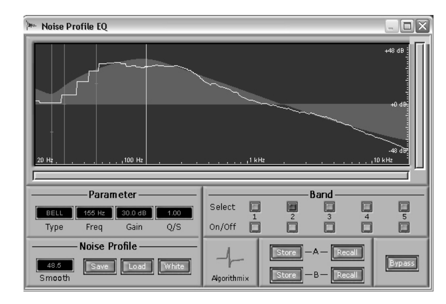
[nr_stoer2_renovator01.wav] Musik,

die lauten Clicks konnten nur zum Teil entfernt werden. An einigen Stellen ist die Bearbeitung nicht oder kaum zu hören, an anderen Stellen fällt sie sehr stark auf.

Weiterhin gibt es Software, die es erlaubt, im Audiomaterial durchgängig vorhandene Störungen, wie Rauschen etc. zu entfernen. Zum Teil arbeiten diese mit dem sogenannten Fingerprintverfahren. Beim Fingerprintverfahren wird ein Fingerabdruck eines Störgeräusches erstellt (Spektrogramm des Rauschens) und diese dann in einstellbaren Verhältnissen aus dem Audiomaterial durch Fourier-Methoden herausgerechnet. Hierzu reicht es meistens aus, ein kurzes Stück mit dem Störgeräusch zu markieren, und die „Lernfunktion" der Software zu starten.

[nr_choraufnahme_ortf_noise-laut.wav] Bespiel eines Fingerprint

Daher ist es von Vorteil, wenn den Aufnahmen, ein kurzes Stück vor und nach dem eigentlichen Song, noch etwas Material belassen wird, um hier das eigentliche Störgeräusch zu finden.



[Bild_NR04]

Findet man kein seperates „Störgeräusch“, kann man evtl. (Dies bedeutet, das ist nicht bei allen Anwendungen nativ (also nur über Umwege) möglich) ein eigenes Rauschprofil erstellen. Man erstellt weisses Rauschen und passt dieses mittels Filterung an das Störgeräusch des zu bearbeitenden Materials an.

[vorlage_choraufnahme_ortf.wav] Choraufnahme mit Aufnahmefehler: Hier wurde zuviel des Kirchenhalls mitaufgezeichnet. Zudem sind eine Menge Störgeräusche enthalten.

[nr_choraufnahme_ortf_01.wav] Choraufnahme mit Aufnahmefehler: Hier stösst man definitiv an die Grenzen des Machbaren. Die Aufnahme lässt sich nicht gebrauchen. Sie dient als Beispiel für die Artefakte, die bei der Noisereduction entstehen. Man hört sehr deutlich, dass hier technisch eingegriffen wurde. Die Aufnahme klingt ähnlich einer stark komprimierten mp3 Datei.

Alle Verfahren verändern aber bei zu starkem Einsatz trotzdem den Gesamtklang des Audiomaterials. Es können „Artefakte" zurückbleiben, bzw. gebildet werden.

> *[nr_vorlage_stoer.wav] Choraufnahme, mit einem Click am Anfang, und Husten.*

> *[nr_stoer_renovator02.wav] Choraufnahme,* hier konnte mittels eines interpolierenden Werkzeuges der „Click" zu beginn des Stückes Artefaktfrei entfernt werden. Das Husten allerdings nicht. Alle Versuche ergaben einiges an Fehlberechnungen, die hier sehr deutlich zu Tage treten. Vermutlich liegt das schlechte Ergebnis daran, dass ich noch nicht viel Erfahrung mit Noisereduction habe.

Daher gilt es hier abzuwägen, wieviel Störgeräusch unbedingt entfernt werden muss, und wieviel erhalten bleiben sollte, um den Gesamtklang nicht allzustark zu verfälschen. Wie Katz (2002) erwähnt, wird bei der Noisereduction, immer ein Teil des Nutzsignals mitentfernt. Weiterhin gilt es für jede Art Störung, den passenden, eigenen Algorithmus zu finden (Decklicking, Decrackling, Debuzz, Dehum etc.). Trotz aller Möglichkeiten mit teilweise sehr teuren Programmen arbeiten zu können, bedarf es einiger Erfahrung und auch Wissen über die Arbeitsweise der Tools um diese effektiv und „quasi unhörbar" einzusetzen.

9 Signalfluß

Der Einfluß der Effektreihenfolge auf den Klang des Materials ist sehr groß. Überlicherweise schaltet man Equalizer, Kompressor & Limiter in dieser Reihenfolge hintereinander. Der Nachteil hierbei ist, dass Änderungen am Frequenzgang des Materials durch den Equalizer die Arbeitsweise des Kompressors ändern können. Der Kompressor muss also nach dem EQ-ing neu eingestellt werden, da sich neue Pegelverhältnisse durch den EQ einstellen. Der Vorteil hingegen ist, dass das in der Frequenz gestaltete Material komprimiert wird.

Sellt man diese Reihe um, und setzt die Dynamiksektion vor den EQ, wird das unbehandelte Material komprimiert, und EQ Einstellungen ändern nichts an der Kompression, allerdings können durch das EQ-ing neue „Peaks“ entstehen, die nicht mehr abgefangen werden. Dies macht vorallem im Mastering meist nicht viel Sinn. Zudem muss man so, unter Umständen wesentlich stärker EQ-en und hat zudem den Sound des Equalizers stärker im Audiomaterial vertreten (sofern man keinen neutralen EQ einsetzt). Es kann aber auch Fälle geben, bei denen genau diese Richtung besser passt.

10 Kombination der Techniken

Den Abschluss bildet ein, mit Hilfe der bisher erläuterten Techniken, bearbeiteter Titel. Zunächst wurde die Vorlage mit Hilfe der selbsterstellen MS Matrix in der Stereobreite bearbeitet und mit phasenlinearer Equalisation in den Frequenzen manipuliert. Die Stereodatei wurde anschliessend per paralleler Summenbandkompression komprimiert und als letzten Schritt mit einem Limiter versehen.

[ma_step01.wav] Per MS Technik etwas in der Stereobreite reduziert. Die Änderungen sind aber nur minimal.

[ma_step02.wav] Der Knackser am Ende des Songs wurde mit dem Renovator entfernt

[ma_step03.wav] Frequenzmanipulation mit Algorithmix Red PEQ

[ma_step04.wav] Parallele Kompression mit den bei Protools LE mitgelieferten Kompressor und Limiterplugins

Es sind jetzt auch Fehler, die im Mixdown entstanden sind, besser hörbar. Beispielsweise setzt kurzzeitig das Regensample aus. Der Übergang wurde bei der Erstellung des Vorlagensongs nicht sauber editiert.

11 Schlusstext

Zusammenfassend betrachtet, ist es nicht so einfach ein Musikstück zu mastern und dabei das richtige Verhältnis der Frequenzen und des Dynamikumfangs zu wahren. Einerseits klingt ein Song gut, der durch extremen Kompressor/Limitereinsatz bearbeitet wurde. da er sehr „laut" ist und sehr direkt wahrgenommen wird. Andererseits, klingt der Song nach mehrmaligem hören, sehr langweilig. Es ist viel spannender einen Song „mitzuerleben, in den lauten und leisen stellen mitzuempfinden". Zugegeben, mag dies sehr „philosophisch" klingen, aber jeder, der Musik „mastern" will, sollte auch in der Lage sein, das Gefühl eines Stückes wahrzunehmen und vor allem, dieses zu erhalten.

Vor der Arbeit an dieser Facharbeit, war ich ein Freund des extremen Kompressoreinsatzes mit gleichzeitiger sehr starker Höhenanhebung. Bei der Arbeit an den Audiobeispielen, ist aufgefallen, das diese extreme Kompression, trotz hochwertiger Plugins, einiges an Präsenz aus der Musik nimmt und man fast instinktiv dazu neigt dieses durch Höhenanhebung wieder zu relativieren. Aber das Ergebnis klingt nicht annähernd so gut, als wenn man doch nicht so stark komprimiert.

Setzt man dagegen die Geräte in einem sinnvollen Verhältnis zueinander ein, muss man diese einerseits nicht „extrem" fahren und erzielt weitaus bessere Ergebnisse. Weiterhin habe ich festgestellt, dass beispielsweise mein Demosong von der parallelen Kompresion mit dem Protools beigelegten Kompressor mehr profitiert, als von der „Downward Compression" (Katz 2002) mit einem hochwertigeren Kompressor.

Einige der Audiobeispiele habe ich in der SAE Frankfurt bearbeitet, da ich beispielsweise die Waves und Sony Oxford Plugins nicht selbst besitze und kein Freund gecrackter Software bin. Alle Audiobeispiele wurden auch mit kurzen Fades an Anfang und Ende der Dateien versehen.

Ich hoffe mit dieser Facharbeit Hinweise auf den kreativen und sinnvollen Einsatz einiger im Mastering verwendeter Geräte gegeben zu haben und das ein oder andere Gehör auf ebensolches zu sensibilisieren.

Weiterhin fällt sehr stark auf, dass jeder Song, oder zumindest stark von einander abweichendes Programmmaterial sehr unterschiedliche herangehensweisen benötigt. Würde man Choraufnahmen mit einer ähnlichen Zielsetzung bearbeiten, wie z.b. Popmusik (oder meinen elektronischen Song) würde das Ergebnis doch mehr als fragwürdig klingen. Dieser Sachverhalt war mir auch nicht so deutlich bewusst, bevor ich mich im Rahmen dieser Facharbeit intensiver damit auseinander gesetzt habe.

Der Einfluß der Dynamik auf den Hörgenuß ist mir beim Vergleichshören von normalen Produktionen und einigen Audiophilen Werken auf einer guten Abhöre, erst richtig aufgefallen.

Leider konnte ich kaum Artikel bzw. Bücher finden, die ähnlich detailiert wie Bob Katz auf die kreativen Aspekte des Masterings eingehen. Fast alle Artikel wirken entweder wie Abgeschrieben, oder beschreiben das Thema nur oberflächlich. Informationen über die technischen Aspekte waren vergleichsweise einfach und häufig zu finden.

Mit Sicherheit hätte ein erfahrener Mastering Engineer, mit dediziertem Equipment, ein besseres Mastering des Demosongs vornehmen können. Aber ich denke mein Ergebnis ist für die Arbeitsweise gar nicht schlecht geworden. Ich habe mit Protools LE, FL Studio und den Algorithmix Equalizern auf meinem Toshiba Laptop und der Mbox 2 über meine AKG K240 Studio Kopfhörer gearbeitet. Dies sollte ausgereicht haben, um die prinzipielle Herangehensweise an das Mastering zu demonstrieren.

Noch eine Anmerkung zum „gemasterten“ Song:
Ich hatte vor ein paar Stunden wieder kurzzeitig Gelegenheit den Song über einen ASR Emitter 1 Verstärker und T+A TMR160 Boxen abzuhören.

Hierauf klang die ungemasterte Version um einiges spannender. Durch die größere Dynamik hat mein Song wesentlich stärker „mitgerissen“ und zudem klang er, bis auf jene Frequenzen die ich im gemasterten Titel abgesenkt hatte, etwas ausgeglichener. Ich hatte ein ähnliches Resultat erwartet, da Kopfhörer doch ein anderes Klangbild erzeugen als eine Stereoanlage. Leider hatte ich keine Gelegenheit und Zeit die Musik über diese Anlage zu bearbeiten.

12 Literaturliste

-Ballou, Glen M., 2002, *Handbook for Sound Engineers*, Third Edition, Focal Press,

-Katz, Bob, 2002*, Mastering Audio*, Focal Press

-Webers, Johannes, 1989, *Tonstudiotechnik*, 5. Auflage, Franzis Verlag GmbH, München

-Dickreiter, Michael, 1997, *Handbuch der Tonstudiotechnik Band 1*, K.G. Saur Verlag KG, München

-Smith, Steven W., 1999, *The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing* [online], Second Edition, California Technical Publishing, http://www.dspguide.com/ [7.April.2006]

-Mellor, David, *The Compressor's Secrets*, [online] http://www.dinosaurrockguitar.com/bookshelf/CompressorSecrets.pdf [7.April.2006]

-Dave Benson, 2005, *Mathematics and Music* [online], http://www.maths.abdn.ac.uk/□bensondj/html/math-music.html [7.April.2006]

-Nielsen, Lund, 2002, *0dB + Levels in Digital Mastering* [online], http://www.tcelectronic.com/media/nielsen_lund_2000_0dbfs_le.pdf [7.April.2006]

-Fey, Fritz, 2003, *Jenseits von 0 dB FS* [online] Studio Magazin http://www.studio-magazin.de/Leseproben/Jenseits%20von%200%20dBFS.pdf [7.April.2006]

-Nettleingham, Kevin, What is Mastering? [online], http://www.musicianassist.com/archive/article/ART/a-0298-1.htm [7.April.2006]

-Weiss, *Background to the Linear Phase Equalizer* [online]*,* http://www.weiss.ch/eq1/images/brochureEQ1-LP.PDF [7.April.2006]

-Algorithmix, Benutzerhandbuch Linear Phase PEQ Red [online], http://www.algorithmix.com/en/downloads.htm [7.April.2006]

13 Abbildungsverzeichnis

-[Bild_EQ_01] harmony-central, *Kjaerhus Classic EQ* [online], http://news.harmony-central.com/Newp/2003/Classic-EQ-lg.jpg [7.April.2006]
-[Bild_EQ_02] transaudiogroup , *Weiss EQ1-MK2* [online], http://www.transaudiogroup.com/images/eq1-mk2.jpg [7.April.2006]
-[Bild_C_01] G3YXM, *Audio level control device* [online], http://www.picks.force9.co.uk/circuits.htm [7.April.2006]
-[Tabelle_C_01] Wikipedia, *Typische System-Dynamikwerte* [online], http://de.wikipedia.org/wiki/Dynamikbereich [7.April.2006]

-Alle anderen Abbildungen habe ich selbst erstellt:
[Bild_C_02]; [Bild_Titel01]; [Tabelle_eq_01]; [Bild_EQ_03]; [Bild_EQ_04]; [Bild_EQ_04]; [Bild_EQ_05]; [Bild_EQ_06]; [Bild_NR01]; [Bild_NR02]; [Bild_NR03]; [Bild_NR04];

-[Bild_wave1] Audiodatei: Hugh Masekela, Hope, Stimela,Triloka Records, USA
-[Bild_wave2] Audiodatei: Silbermond, Verschwende deine Zeit, Ohne Dich, BMG Deutschland

14 CD Verzeichnis

Nr.	Kapitelzuordnung	Verzeichnis	Dateiname
1	Equalisation	audio	eq_filtertypen.wav
2	Equalisation	audio	vorlage_30secsnip.wav
3	Equalisation	audio	eq_hishelf.wav
4	Equalisation	audio	eq_baxandal.wav
5	Equalisation	audio	eq_hieq.wav
6	Equalisation	audio	eq_loweq.wav
7	Equalisation	audio	eq_oxford_70hz_kq.wav
8	Equalisation	audio	eq_oxford_1000hz_kq.wav
9	Equalisation	audio	eq_oxford_70hz_vq.wav
10	Equalisation	audio	eq_oxford_1000hz_vq.wav
11	Equalisation	audio	eq_version1_eq3.wav
11b	Equalisation	audio	vorlage_30secsnip-4db.wav
12	Equalisation	audio	eq_version1_renaissanceeq.wav
13	Equalisation	audio	eq_version1_sonyoxford.wav
14	Equalisation	audio	eq_version1_wavesq4.wav
15	Equalisation	audio	eq_version1_kickboost
16	Equalisation	audio	eq_version2_orange.wav
17	Equalisation	audio	eq_version2_kickboost.wav

Nr.	Kapitelzuordnung	Verzeichnis	Dateiname
20	Kompression	audio	co_max2db.wav
21	Kompression	audio	co_max6db.wav
22	Kompression	audio	co_cutattack.wav
23	Kompression	audio	co_slowattack.wav
24	Kompression	audio	co_goodattack.wav
25	Kompression	audio	co_release_slow.wav
26	Kompression	audio	co_release_fast.wav
27	Kompression	audio	co_release_common.wav
28	Kompression	audio	co_knee_15.wav
29	Kompression	audio	co_knee_36.wav
30	Kompression	audio	vorlage_freecrashes.wav
31	Kompression	audio	co_freecrashes01.wav
32	Kompression	audio	co_freecrashes02.wav
33	Kompression	protools	SWE_Mastering_PC.ptf

Nr.	Kapitelzuordnung	Verzeichnis	Dateiname
34	Stereobasis	protools	SWE_Mastering_MS.ptf
35	Stereobasis	audio	ms_ms01.wav

Nr.	Kapitelzuordnung	Verzeichnis	Dateiname
36	Noisereduction	audio	nr_vorlage_stoer2.wav
37	Noisereduction	audio	nr_stoer2_renovator01.wav
38	Noisereduction	audio	nr_choraufnahme_ortf_noise-laut.wav
39	Noisereduction	audio	volage_choraufnahme_ortf.wav
40	Noisereduction	audio	nr_choraufnahme_ortf_01.wav
41	Noisereduction	audio	nr_vorlage_stoer.wav
42	Noisereduction	audio	nr_stoer_renovator02.wav

Nr.	Kapitelzuordnung	Verzeichnis	Dateiname
43	Kombinierte Techniken	audio	ma_step01.wav
44	Kombinierte Techniken	audio	ma_step02.wav
45	Kombinierte Techniken	audio	ma_step03.wav
46	Kombinierte Techniken	audio	ma_step04.wav